



**ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ
СОЮЗА ССР**

**СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ ЭНЕРГИИ
ИМПУЛЬСНОГО ЛАЗЕРНОГО
ИЗЛУЧЕНИЯ**

**ВИДЫ. ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ.
МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЙ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ**

ГОСТ 25678—83

Издание официальное

**СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ ЭНЕРГИИ ИМПУЛЬСНОГО
ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ.****Виды. Основные параметры. Методы измерений
основных параметров**Instruments for measurement of pulse laser energy
Types Basic parameters Methods for measurement of
basic parameters

ОКСТУ 6343

**ГОСТ
25678—83****Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 23 марта
1983 г. № 1306 срок введения установлен****с 01.07.84****Несоблюдение стандарта преследуется по закону**

Настоящий стандарт распространяется на средства измерений (СИ) энергии однократных импульсов лазерного излучения и устанавливает их виды, основные параметры и методы измерений основных параметров при изменении параметров исследуемого излучения в пределах:

0,4—2; 10,6 мкм — рабочие длины волн,

10⁻¹⁰—500 Дж — диапазон значений энергии излучения,10⁻⁹—1 с — длительность импульса излучения.

Стандарт не распространяется на измерительные импульсные лазеры.

1. ВИДЫ

1.1. Устанавливают следующие виды средств измерений энергии импульсного лазерного излучения:

тепловые измерительные преобразователи;

измерительные приборы, основанные на тепловых и фотоэлектрических измерительных преобразователях

1.2. Тепловые измерительные преобразователи подразделяют на виды в соответствии с ГОСТ 25312—82.

2. ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ

2.1. Основные параметры тепловых измерительных преобразователей, используемых при измерении энергии импульсного лазерного излучения, — по ГОСТ 25312—82.

2.2. Для измерительных приборов, используемых при измерении энергии импульсного лазерного излучения, в качестве основных параметров устанавливают чувствительность, ширинный динамический диапазон и основную относительную погрешность. Указанные параметры нормируют в технической документации на конкретные измерительные приборы.

3. МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЙ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ

3.1. Измерительная аппаратура и вспомогательное оборудование

3.1.1. Измерительная аппаратура и вспомогательное оборудование, используемые при измерении основных параметров тепловых измерительных преобразователей, — по ГОСТ 25312—82.

3.1.2. При измерении основных параметров измерительных приборов используют следующую измерительную аппаратуру и вспомогательное оборудование.

источник излучения на основе лазера или светодиода со значениями основных параметров, изменяющимся в пределах, находящихся внутри спектрального и динамического диапазонов исследуемого СИ;

средство измерений энергии импульсного лазерного излучения, аттестованное или прошедшее поверку (далее — СИ с известными параметрами), основная погрешность которого меньше предполагаемой основной погрешности исследуемого СИ, работающее в динамическом и спектральном диапазонах исследуемого СИ;

набор нейтральных ослабителей, аттестованных на рабочих длинах волны с пределами изменений значений коэффициента пропускания τ от 0,1 до 0,9. Основная погрешность ослабителя — не более 5%;

оптическую систему, состоящую из оптических элементов, предназначенных для фокусировки и деления пучка лазерного излучения.

3.2. Подготовка к измерениям

3.2.1. Измерения проводят при нормальных условиях, установленных в ГОСТ 24469—80.

3.2.2. При проведении измерений следует руководствоваться требованиями безопасности, установленными в ГОСТ 24469—80.

3.2.3. Перед проведением измерений должны быть выполнены следующие подготовительные работы:

исследуемое и контрольное СИ и СИ с известными параметрами должны быть заземлены, установлены в рабочее положение, включены в сеть, прогреты при номинальном напряжении электропитания и выдержаны в нормальных условиях в течение времени, указанного в эксплуатационной документации. Все операции по подготовке к измерениям следует выполнять в соответствии с «Правилами устройства электроустановок» и «Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей», утвержденных Госэнергонадзором.

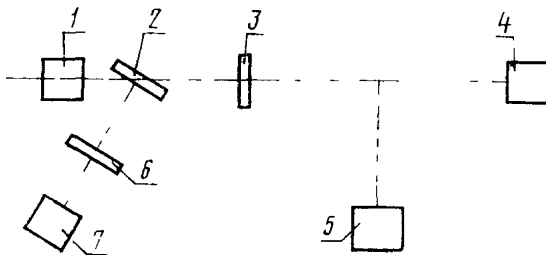
Оптическая система должна быть отъюстирована таким образом, чтобы излучение попадало в центр оптических элементов, осуществляющих фокусировку и деление пучков излучения, и в центр приемных поверхностей СИ. Не допускается даже частичное попадание пучка на оправы входных окон СИ.

В помещении не должно быть конвекционных потоков (в том числе активной вентиляции), посторонних тепловых возмущений, внешних магнитных полей. Уровень запыленности не должен превышать $20 \text{ пыл/ч}\cdot\text{см}^2$.

3.3. Определение чувствительности измерительных приборов на фиксированных длинах волн в диапазоне $0,4\text{—}2 \text{ мкм}$

Определяют чувствительность измерительных приборов на установке, схема которой приведена на чертеже, методом сравнения с аттестованным (поверенным) СИ в последовательности, приведенной ниже.

Блок-схема установки для определения чувствительности измерительных приборов



1 — источник излучения, 2 — делительная пластинка,
3 — нейтральный ослабитель, 4 — СИ с известными параметрами, 5 — исследуемое СИ, 7 — контрольное СИ

3.3.1. По показаниям СИ с известными параметрами устанавливают режим накачки источника излучения или подбирают коэффициент пропускания нейтрального ослабителя 3 таким образом, чтобы обеспечить работу СИ в таких условиях, чтобы энергия излучения, падающего на его чувствительный элемент, изменялась

в пределах, указанных в НГД на СИ конкретных видов. Коэффициент пропускания ослабителя b подбирают таким образом, чтобы обеспечить работу контрольного СИ в линейной области

3.3.2. Определяют коэффициент деления делительной пластины, для чего подают одиночный импульс лазерного излучения и снимают показания СИ с известными параметрами и контрольного СИ, соответствующие значениям энергии излучения, прошедшего через делительную пластину W_i и отраженного от нее N_i .

3.3.3. Вычисляют результат единичного измерения коэффициента деления K делительной пластины по формуле

$$K_i = \frac{N_i}{W_i}, \quad (1)$$

где N_i — i -е показание контрольного СИ,

W_i — i -е значение энергии излучения, прошедшего через делительную пластину

3.3.4. Проводят серию из n измерений K_i ($n \geq 5$) на одном уровне энергии и определяют среднее значение коэффициента деления делительной пластины по формуле

$$\bar{K} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n K_i, \quad (2)$$

где \bar{K} — результат единичного измерения коэффициента деления

3.3.5. Оценивают среднее квадратическое отклонение $S(\bar{K})$ результата измерения коэффициента деления делительной пластины в процентах по формуле

$$S(\bar{K}) = \frac{1}{\bar{K}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{K} - K_i)^2}{n(n-1)}} \cdot 100 \quad (3)$$

$S(\bar{K})$ не должно превышать 1%

3.3.6. Заменяют СИ с известными параметрами исследуемым СИ, регистрируют показания N_i контрольного СИ и показания N_i исследуемого СИ и вычисляют значение чувствительности прибора A_i для единичного наблюдения по формуле

$$A_i = \bar{K} \frac{N_i}{N_i} \quad (4)$$

3.3.7. Проводят серию из n измерений A_i ($n \geq 5$) на том же уровне энергии, при котором был определен коэффициент деления делительной пластины K . Определяют среднее значение чувствительности измерительного прибора

$$\bar{A} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n A_i. \quad (5)$$

Примечание. В необходимых случаях значения чувствительности приборов, основанных на тепловых преобразователях, вычисляют с учетом поправки на температуру t в помещении, при которой выполняют измерения

$$A_{ti} = A_i [1 + \alpha(t_n - t)]; \quad (6)$$

$$A_t = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n A_{ti}, \quad (7)$$

где A_t — результат единичного измерения чувствительности с поправкой на температуру t ;

t_n — нормальная температура, равная 20 °С,

t — температура в помещении;

α — температурный коэффициент, определяемый эмпирическим путем и указываемый в НТД на СИ конкретных видов

3.3.8. Оценивают среднее квадратическое отклонение $S(\bar{A})$ результата измерений чувствительности измерительного прибора в процентах по формуле

$$S(\bar{A}) = \frac{1}{\bar{A}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{A} - A_i)^2}{n(n-1)}} \cdot 100. \quad (8)$$

3.4. Определение чувствительности измерительного прибора на длине волны 10,6 мкм

Чувствительность измерительных приборов на длине волны 10,6 мкм определяют на установке, схема которой приведена на чертеже, при использовании в качестве источника излучения лазера непрерывного режима работы и при введении в эту схему дополнительного затвора, располагаемого перед делительной пластиной, в последовательности приведенной ниже.

3.4.1. Изменяя длительность импульса лазерного излучения затвором и мощность излучения лазера по показаниям СИ с известными параметрами, добиваются, чтобы энергия импульса излучения, падающего на чувствительный элемент СИ, изменялась в пределах, указанных в НТД на СИ конкретных видов.

3.4.2. Подавая с помощью затвора одиночные импульсы излучения, определяют K , \bar{K} , A , \bar{A} и $S(\bar{A})$ в соответствии с пп. 3.3.3—3.3.8.

3.5. Для каждой длины волны смещают центр входного окна СИ относительно центра сечения пучка на фиксированные расстояния вверх, вниз, влево, вправо, а также изменяя фиксированным образом угол между нормалью к плоскости входного окна СИ и осью пучка в пределах допускаемой расходимости лазерного излучения, для каждого нового положения СИ повторяют серию из n измерений ($n \geq 5$) и находят среднее значение чувствительности в соответствии с пп. 3.3.6 и 3.3.7. За искомое значение чувствительности A принимают среднее арифметическое полученных средних значений \bar{A}_i .

3.6. Определение линейного динамического диапазона

Линейность СИ исследуют на установке, схема которой приведена на чертеже, в последовательности, приведенной ниже.

3.6.1. Проводят n одновременных измерений энергии импульсов излучения ($n \geq 5$) исследуемым и контрольным СИ и вычисляют среднее значение отношения показаний СИ по формуле

$$K_{jcp} = \sum_{i=1}^n \frac{N_i/N_k}{n}, \quad (9)$$

где N_i — отсчет по исследуемому СИ;

N_k — отсчет по контрольному СИ;

n — число измерений.

3.6.2. Устанавливают поочередно аттестованные ослабители с коэффициентом пропускания $\tau = 0,7; 0,5; 0,3; 0,1$, чтобы отсчеты по исследуемому СИ лежали поочередно в последней, третьей, второй и первой четвертях шкалы, и проводят при каждом ослабителе по n одновременных измерений ($n \geq 5$) исследуемым и контрольным СИ. Для каждой серии измерений находят среднее значение отношения показаний этих СИ по формуле (9).

3.6.3. Коэффициент нелинейности исследуемого СИ или границу неисключенной систематической погрешности, обусловленную изменением чувствительности СИ в линейном динамическом диапазоне, $\Theta_{д.д}$ определяют в процентах по формуле

$$\Theta_{д.д} = \frac{\max(K_{cp \max} - K_{jcp} / \tau_j)}{K_{cp \max}} \cdot 100, \quad (10)$$

где $K_{cp \max}$ — значение коэффициента K_{jcp} при отсчетах, соответствующих крайнему верхнему значению диапазона измерений СИ;

K_{jcp} — отношение показаний исследуемого и контрольного СИ при коэффициенте пропускания ослабителя τ_j в данной серии измерений.

Показание исследуемого СИ принимают равным верхнему пределу линейного динамического диапазона, если коэффициент нелинейности $\Theta_{д.д}$ равен, но не превышает значения, указанного в НТД на СИ конкретных видов, и принимают равным нижнему пределу линейного динамического диапазона, если $\Theta_{д.д}$ равен, но не меньше соответствующего значения, указанного в НТД.

3.7. Определение основной погрешности

Основную относительную погрешность определяют по формуле

$$\Delta = K \sqrt{\sum_{i=1}^n S_i^2 + \frac{1}{3} \sum_{j=1}^m \Theta_{ij}^2}, \quad (11)$$

где K — коэффициент, зависящий от соотношения случайной и неисключенной систематической погрешностей, от принятой доверительной вероятности и определяемый по ГОСТ 8.207—76;

S_i — оценка суммарного квадратического отклонения, характеризующая i -ю случайную погрешность;

$\sum_{i=1}^n S_i^2$ — определяют по формуле

$$\sum_{i=1}^n S_i^2 = S_1^2 + S_2^2, \quad (12)$$

где S_1 — оценка среднего квадратического отклонения случайной погрешности СИ с известными параметрами, указанная в паспорте или свидетельстве о метрологической аттестации, %;

S_2 — оценка среднего квадратического отклонения результата измерений среднего значения чувствительности, вычисленная по формуле (8), %;

Θ_j — граница j -й составляющей неисключенной систематической погрешности;

$\sum_{j=1}^m \Theta_j^2$ — определяют по формуле

$$\sum_{j=1}^m \Theta_j^2 = \Theta_1^2 + \Theta_2^2 + \Theta_3^2 + \Theta_{\Sigma}^2, \quad (13)$$

где Θ_1 — неисключенная систематическая погрешность СИ с известными параметрами, указанная в паспорте или свидетельстве о метрологической аттестации, %;

Θ_2 — неисключенная систематическая погрешность, обусловленная зависимостью чувствительности измерительного прибора от угла в пределах допускаемой расходимости лазерного излучения и места падения пучка излучения на входное окно СИ, %;

$\Theta_3 = \Theta_{д.л.}$ — неисключенная систематическая погрешность, обусловленная изменением чувствительности СИ в линейном динамическом диапазоне, определяемая в процентах в соответствии с п. 3.6.3;

Θ_{Σ} — граница составляющих неисключенной систематической погрешности, влияющих на изменение чувствительности (например, обусловленных изменением длительности и формы импульсов излучения, спектрального состава излучения, температуры, напряжения питания в пределах нормальных условий и т. п.), %.

Значения Θ_2 и Θ_{Σ} вычисляют по формулам

$$\Theta_{2(\Sigma)}^2 = \sum_{i=1}^n \Theta_{2(\Sigma i)}^2; \quad \Theta_{2(\Sigma i)} = \frac{\bar{A} - A_{2(\Sigma i)}}{\bar{A}}, \quad (14)$$

где n — число результатов измерений;

\bar{A} — среднее значение чувствительности (см. п. 3.3.7);

$A_{\Sigma i}$ — значение чувствительности, определяемое в соответствии с п. 3.3.6 при максимально допускаемом изменении одного из влияющих на Θ_2 и Θ_{Σ} параметров.

Вид и число составляющих Θ_{Σ} устанавливают в зависимости от свойств использованных материалов, конструкций и условий применения исследуемого СИ.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Рекомендуемое

ПРОТОКОЛ

измерений чувствительности измерительного прибора

Таблица 1

Результаты измерений	Номер наблюдений					Среднее значение
	1	2	3	4	5	
1. Показание контрольного СИ N_i						
2. Значение энергии излучения W_i						
3. Коэффициент деления делительной пластины $K_i = N_i / W_i$						$\bar{K} = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 K_i$
4. Оценка с. к. о. результата измерений \bar{K} для $n=5$ $S(\bar{K}) = \frac{1}{\bar{K}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^5 (\bar{K} - K_i)^2}{20}} \times$ $\times 100\%$						
5. Показание исследуемого СИ N_j						
6. Соответствующее показание контрольного СИ						
7. Чувствительность исследуемого СИ $A_i = \bar{K} \cdot N_j / N_i$						$\bar{A} = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 A_i$
8. Оценка с. к. о. результата измерения \bar{A} для $n=5$ $S(\bar{A}) = \frac{1}{\bar{A}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^5 (\bar{A} - A_i)^2}{20}} \times$ $\times 100\%$						

Примечания

1. Табл. 1 приведена для случая попадания пучка излучения в центр приемной поверхности СИ.

2. Для случаев смещения центра сечения пучка излучения и центра приемной поверхности СИ друг относительно друга на фиксированные расстояния вверх, вниз, влево, вправо соответственно составляют протоколы измерений по форме, аналогичной табл. 1. При этом в наименованиях таблиц следует указывать положение центра приемной поверхности СИ относительно центра сечения пучка излучения.

3. Для случаев смещения оси, проходящей через центр приемной поверхности и перпендикулярной к ней, относительно оси пучка излучения на фиксированные углы вверх и вниз в вертикальной и горизонтальной плоскостях соответственно составляют протоколы измерений по форме, аналогичной табл. 1. При этом в наименованиях таблиц следует указывать положение указанных осей друг относительно друга.

ПРОТОКОЛ

измерений линейного динамического диапазона СИ

Таблица 2

Результаты измерения	Номер наблюдений					Среднее значение
	1	2	3	4	5	
Показание исследуемого СИ N_i						
Показание контрольного СИ N_k						
Отношение значений N_i/N_k						$K_{ср} = \frac{1}{5} \sum_{i,k=1}^5$

Примечание. Повторить для каждого из следующих значений коэффициентов пропускания ослабителей: $\tau_j = 0,1, 0,3; 0,5; 0,7$ и для каждого τ_j находится $K_{ср}$, а коэффициент нелинейности СИ или границу неисключенной систематической погрешности, обусловленную изменением чувствительности СИ в линейном динамическом диапазоне, $\Theta_{д д}$ определяют в процентах по формуле

$$\Theta_{д д} = \frac{\max (K_{ср \max} - K_{j \text{ср}} / \tau_j)}{K_{ср \max}} \cdot 100 .$$

Редактор *Л. А. Бурмистрова*
Технический редактор *А. Г. Каширин*
Корректор *Л. А. Пономарева*

Сдано в наб. 14.04.83 Подп. к печ. 29.06.83 0,75 и. л. 0,58 уч.-изд. л. Тир. 10000 Цена 3 коп.

Ордена «Знак Почета» Издательство стандартов, 123557, Москва, Новопресненский пер., 3.
Калужская типография стандартов, ул. Московская, 256. Зак. 1213